

<b>1</b>	<b>VORWORT .....</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>EINFÜHRENDER KURSUS IN GRAFCET MIT AUFGABEN UND LÖSUNGEN.....</b>	<b>3</b>
2.1	ALLGEMEINE BILDUNGS- UND ABLAUFREGELN.....	3
2.2	SCHRITTE UND TRANSITIONEN.....	3
2.3	ZEITABHÄNGIGE TRANSITIONSBEDINGUNG .....	4
2.4	BEISPIEL FÜR TRANSITIONEN.....	5
2.5	AKTIONEN .....	7
2.6	KONTINUIERLICH WIRKENDE AKTION .....	8
2.7	KONTINUIERLICH WIRKENDE AKTION MIT ZUWEISUNGSBEDINGUNG .....	9
2.8	KONTINUIERLICH WIRKENDE AKTION MIT ZEITABHÄNGIGER ZUWEISUNGSBEDINGUNG .....	9
2.9	GESPEICHERT WIRKENDE AKTION BEI AKTIVIERUNG .....	11
2.10	GESPEICHERT WIRKENDE AKTION BEI DEAKTIVIERUNG .....	12
2.11	GESPEICHERT WIRKENDE AKTION BEI EREIGNIS .....	14
2.12	GRAFISCHE DARSTELLUNG VON ABLAUFSTRUKTUREN .....	15
2.12.1	<i>Ablaufkette</i> .....	15
2.12.2	<i>Geschlossene Ablaufkette</i> .....	16
2.12.3	<i>Alternative Verzweigung</i> .....	17
2.12.4	<i>Parallele (simultane) Verzweigung</i> .....	19
2.13	STRUKTURIEREN VON GRAFCET DURCH HIERARCHIEN.....	21
2.13.1	<i>Makro und Makroschritte</i> .....	22
2.14	EINSCHLIEßENDER SCHRITT UND EINSCHLIEßENDER ANFANGSSCHRITT .....	24
2.15	ZWANGSSTEUERENDE BEFEHLE .....	25
<b>3</b>	<b>AUFGABEN UND LÖSUNGEN .....</b>	<b>27</b>
3.1	AUFGABE MIT ANALOGEN PARAMETERN .....	27
3.2	AUFGABE LICHTERKETTE .....	28
3.3	AUFGABE AMPELSTEUERUNG.....	30
3.4	AUFGABEN MIT TASTER / SCHALTER .....	34
3.5	WECHSELSCHALTUNG.....	37
3.6	WENDESCHALTUNG .....	38
3.7	ALARMQUITTIERUNG .....	39
<b>4</b>	<b>SPEICHERN UND LADEN VON LÖSUNGEN FÜR GRAFCET-PLÄNE .....</b>	<b>40</b>
<b>5</b>	<b>TASTATURBELEGUNG FÜR GRAFCET - TERME .....</b>	<b>41</b>

Version 21.09.20

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte vorbehalten, auch die der Übersetzung, des Nachdrucks und der Vervielfältigung des Werkes oder von Teilen daraus. Kein Teil des Werkes darf ohne schriftliche Genehmigung der Ingenieurbüro Dr.-Ing. Schoop GmbH in irgendeiner Form reproduziert, vervielfältigt oder verbreitet werden.

## 1 Vorwort

Im folgenden GRAFCET-Kursus werden alle Möglichkeiten und Funktionalitäten von GRAFCET anhand von Beispielen, Aufgaben und Erläuterungen demonstriert.

Das Ingenieurbüro Dr.-Ing. Schoop bietet Lernsoftware (Praktika) zum Erlernen von GRAFCET an, mit denen die Beispiele und Aufgaben des Kursus direkt mit nachvollzogen werden können.

So ist es mit den Praktika möglich, mithilfe eines GRAFCET-Editors eigene GRAFCET-Pläne zu erstellen, diese dann zu aktivieren und ausführen zu lassen. In einer GRAFCET-Ansicht kann der Ablauf beobachtet und überwacht werden.

Folgende Praktika (Lernsoftware) stehen zum eigenständigen Arbeiten mit GRAFCET und dem Nachvollziehen des GRAFCET-Kursus zur Verfügung:

- GRAFCET-Praktikum I
- GRAFCET-Praktikum II
- GRAFCET-Laborversion
- Rührkesselreaktor-Praktikum
- GRAFCET-Praktikum mit SPS
- GRAFCET-Kursus
- GRAFCET-Crossroads
- MechatronikGrafcet-Training
- Neutralisationsanlage
- LC2030-Training
- FlowLab

## 2 Einführender Kursus in GRAFCET mit Aufgaben und Lösungen

### 2.1 Allgemeine Bildungs- und Ablaufregeln

- Jeder GRAFCET besteht aus Schritten, Transitionen, Wirkverbindungen und Aktionen.
- Schritte und Transitionen müssen sich abwechseln. Eine Wirkverbindung darf nur einen Schritt mit einer Transition bzw. eine Transition mit einem Schritt verbinden.
- Jedem Schritt können eine oder mehrere Aktionen zugeordnet werden. Sie werden ausgeführt, wenn der Schritt aktiv ist.
- Einem Schritt muss keine Aktion zugeordnet werden. Zur Strukturierung und zum besseren Verständnis kann es sinnvoll sein, Schritte ohne Aktionen einzusetzen.
- Abläufe können sich verzweigen und wieder zusammengeführt werden. Man unterscheidet simultanen (parallelen) und alternativen Ablauf.
- Ein Schritt wird aktiv, wenn der vorherige Schritt aktiv ist und die zugehörige Transition erfüllt wird.
- Wird ein Schritt aktiv, so wird der vorherige Schritt deaktiviert.
- Nach Start des GRAFCETs werden die als Startschritte (doppelter Rahmen) gekennzeichneten Schritte aktiv.

### 2.2 Schritte und Transitionen

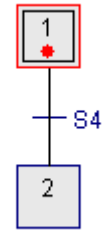
- Ein GRAFCET unterteilt sich in Schritte.
- Ein Schritt ist aktiv (Zustand 1) oder inaktiv (Zustand 0).
- Der Zustand eines Schrittes kann durch eine Schrittvariable  $X^*$  (\* ist Schrittnummer) abgefragt werden.
- GRAFCET unterscheidet Schritte und Anfangsschritte, die durch einen doppelten Rahmen gekennzeichnet werden.
- Anfangsschritte werden beim Start einer GRAFCET-Seite gesetzt.
- Eine Transition bestimmt den Übergang zwischen zwei Schritten.
- Die Transitionsbedingung gibt die Weichschaltbedingung zwischen zwei Schritten an. Die Transitionsbedingung ist der boolsche Ausdruck, der „True“ (1, wahr) oder „False“ (0, falsch) sein kann.

**Aufgabe 2.2.1:** Erstellen Sie einen GRAFCET-Plan mit zwei Schritten. Der erste Schritt sei ein Anfangsschritt. Der zweite Schritt wird angenommen, wenn der Taster  $S4$  gedrückt wird.

## Lösung

Einfacher GRAFCET-Plan mit zwei Schritten.

Schritt 2 wird gesetzt, wenn die Transition zwischen den beiden Schritten erfüllt ist, wenn der Taster *S4* gedrückt wird.



## Hinweis:

Wenn Sie mit einem GRAFCET-Praktikum arbeiten und Sie wollen den GRAFCET in der GRAFCET-Ansicht wieder starten, dann drücken Sie auf *GRAFCET initialisieren* in der oberen Buttonleiste. Hier können Sie durch *Anfangssituation (Anfangsschritte setzen)* den GRAFCET wieder mit bei dem Anfangsschritt starten.



## 2.3 Zeitabhängige Transitionsbedingung

Soll der Übergang zwischen zwei Schritten nach einer bestimmten Zeit erfolgen, so wird hierfür die zeitabhängige Transitionsbedingung benutzt.

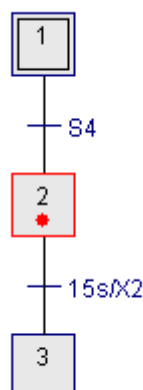
Die zeitabhängige Transitionsbedingung hat die Form: *Zeit/Schrittvariable*

Beispiel: 15s/X2

15s/X2 bedeutet, dass der Schritt nach der Transitionsbedingung gesetzt wird, wenn der vorherige Schritt (Nr. 2) 15s aktiv war.

**Aufgabe 2.3.1:** Erweitern Sie den vorherigen GRAFCET-Plan um einen dritten Schritt, der angenommen wird, wenn der zweite Schritt 15s aktiv war

## Lösung

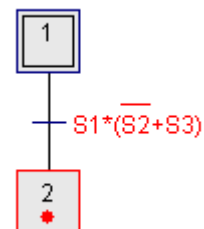


## 2.4 Beispiel für Transitionen

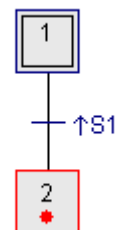
Im Folgenden werden Beispiele für Transitionsbedingungen angegeben, die als Aufgaben umgesetzt werden können.

**Aufgaben:** GRAFCET-Pläne erstellen für zwei Schritte mit folgenden Transitionsbedingungen:

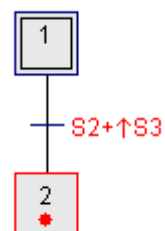
1. S1 und (nicht S2 oder S3)



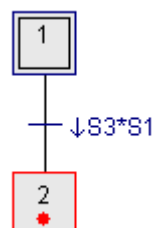
2. Steigende Flanke von S1 (S1 geht von 0 auf 1)



3. S2 oder Steigende Flanke von S3

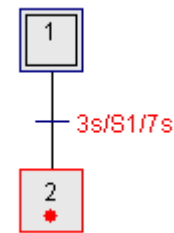


4. Fallende Flanke von S3 und S1

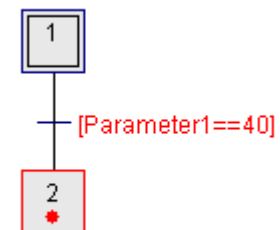


5. Wenn S1 auf 1 geht, soll 3s später die Transitionsbedingung erfüllt sein.  
Wenn S1 wieder auf 0 geht, soll die Bedingung noch 7s aktiv bleiben.

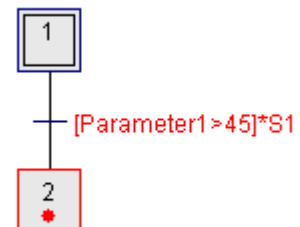
Achtung theoretisches Beispiel: Kann in der Praxis zu Problemen führen, weil u.a. der Zustand des Schrittes 1 nicht berücksichtigt wird.



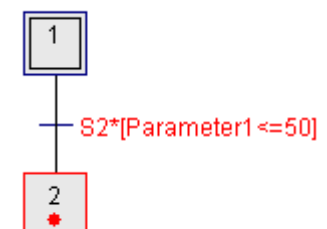
6. Parameter1 gleich 40



7. (Parameter1 größer 45) und S1

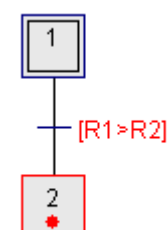


8. S2 und (Parameter1 kleiner gleich 50)



9. R1 größer R2

Die Potentiometer R1 und R2 lassen sich so verstellen, dass die Bedingung erfüllt ist.



## 2.5 Aktionen

Jedem Schritt können eine oder mehrere Aktionen (Befehle) zugeordnet werden. Die Aktionen werden ausgeführt, wenn der Schritt aktiv ist.

Man unterscheidet zwei Arten von Aktionen:

- Kontinuierlich wirkende Aktion
- Gespeichert wirkende Aktion

Ihr Verhalten wird durch entsprechende Zusätze bestimmt.

Die Anbindung mehrerer Aktionen an einen Schritt kann, wie unten dargestellt wird, auf unterschiedliche Weise realisiert werden. Die oberen beiden Darstellungen werden im Normalfall benutzt.

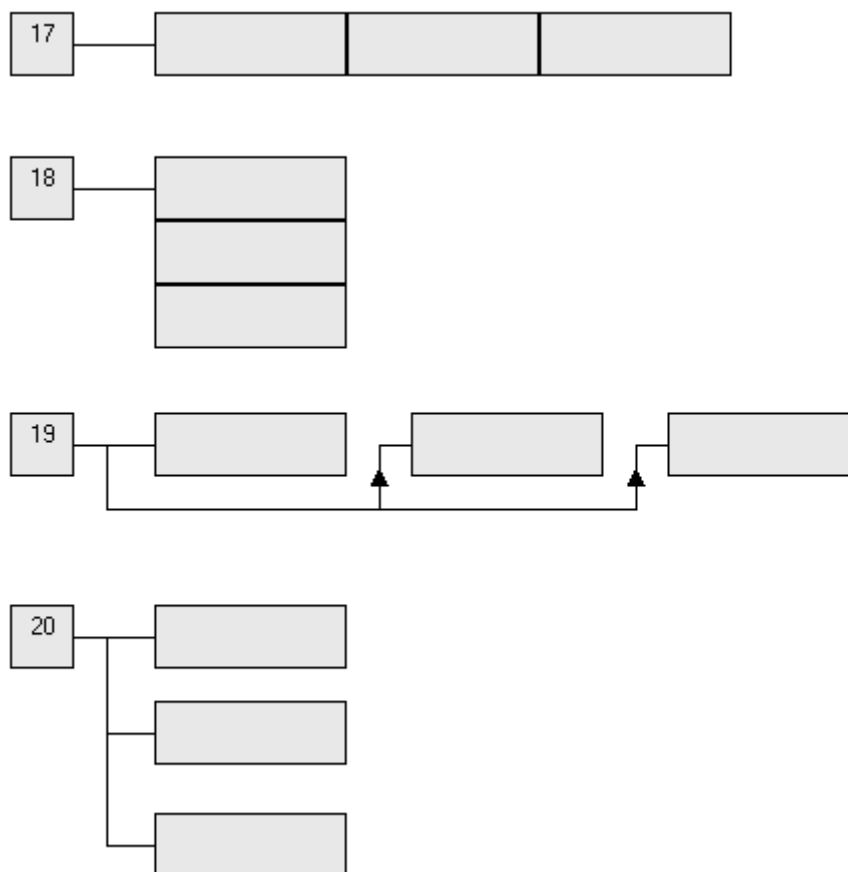


Abb.1 Beispiele für die Anbindung mehrerer Aktionen an einen Schritt



## 2.6 Kontinuierlich wirkende Aktion

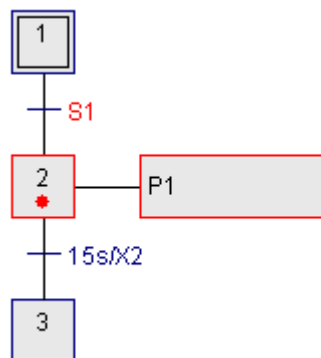
Bei einer kontinuierlich wirkenden Aktion erhält das zugewiesene Signal den Wert 1 (True), wenn der zugehörige Schritt aktiv ist.

Ist der Schritt nicht mehr aktiv, erhält das Signal den Wert 0 (False).

**Achtung:** Die kontinuierlich wirkende Aktion und die gespeichert wirkende Aktion dürfen nicht kombiniert für das gleiche Signal eingesetzt werden. Der Zustand des Signals wird nur von der kontinuierlich wirkenden Aktion bestimmt.

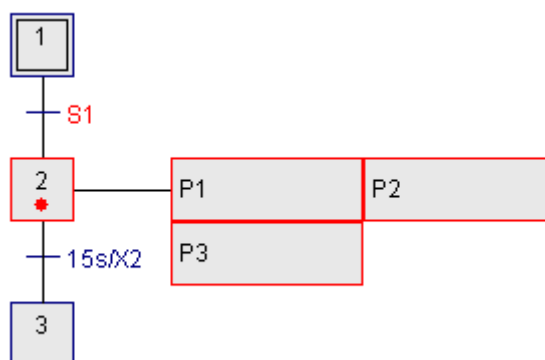
**Aufgabe 2.6.1:** Die Lampe *P1* soll durch den Schalter *S1* eingeschaltet werden, 15s leuchten und dann wieder ausgehen.

### Lösung



**Aufgabe 2.6.2:** Erweitern Sie den GRAFCET-Plan so, dass die Lampe *P1* und die Lampen *P2* und *P3* entsprechend an- und wieder ausgeschaltet werden.

### Lösung

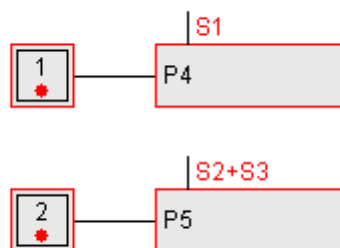


## 2.7 Kontinuierlich wirkende Aktion mit Zuweisungsbedingung

Bei einer kontinuierlich wirkenden Aktion mit Zuweisungsbedingung wird das zugehörige Signal nur dann auf 1 gesetzt, wenn der mit der Aktion verknüpfte Schritt aktiv ist und gleichzeitig die Zuweisungsbedingung erfüllt ist, also den Wert 1 (True) hat.

**Aufgabe 2.7.1:** Die Leuchtdiode *P4* soll über den Schalter *S1* und die Leuchtdiode *P5* über die Schalter *S2* oder *S3* an- und ausgeschaltet werden.

### Lösung

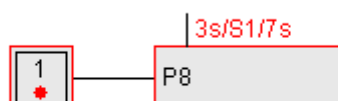


## 2.8 Kontinuierlich wirkende Aktion mit zeitabhängiger Zuweisungsbedingung

Bei der kontinuierlich wirkenden Aktion mit zeitabhängiger Zuweisungsbedingung wird die Zeit vor der Zuweisungsbedingung als Einschaltverzögerung und die Zeit nach der Zuweisungsbedingung als Ausschaltverzögerung angenommen.

**Aufgabe 2.8.1:** Die Leuchtdiode *P8* soll 3s nachdem der Schalter *S1* betätigt wurde anfangen zu leuchten. Wird *S1* wieder ausgeschaltet soll die Leuchtdiode 7s weiter leuchten und dann ausgehen.

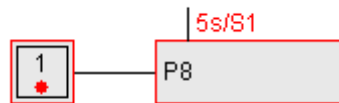
### Lösung



Mit den kontinuierlich wirkenden Aktionen mit zeitabhängiger Zuweisungsbedingung sind auch zeitverzögernde Aktionen und zeitbegrenzte Aktionen möglich.

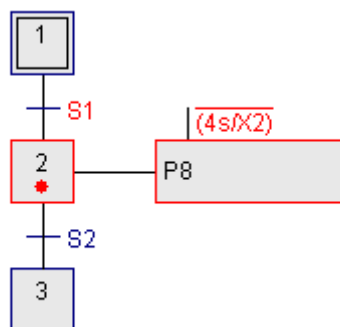
**Aufgabe 2.8.2:** 5s nachdem der Schalter *S1* betätigt wurde, soll die Leuchtdiode *P8* anfangen zu leuchten. Wenn *S1* ausgeschaltet wird, soll *P8* ausgehen.

## Lösung



**Aufgabe 2.8.3:** Erstellen Sie einen Plan mit dem Sie vom ersten Schritt durch *S1* in den zweiten Schritt und mit *S2* in den dritten Schritt gehen können. Die Leuchtdiode *P8* soll zeitlich begrenzt für 4s leuchten, wenn der zweite Schritt aktiviert wurde. Bei Betätigen von *S2* soll die Lampe sofort ausgehen, auch wenn die 4s noch nicht abgelaufen sind.

## Lösung



## 2.9 Gespeichert wirkende Aktion bei Aktivierung

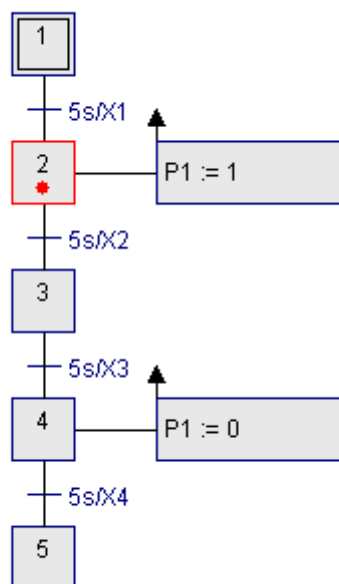
Bei der gespeichert wirkenden Aktion bei Aktivierung wird das zugewiesene Signal auf den angegebenen Wert gesetzt, wenn der Schritt aktiv wird (die Flanke für den Schritt geht von 0 auf 1).

Das Signal behält seinen Wert, auch wenn der zugehörige Schritt nicht mehr aktiv ist.

Durch die gespeichert wirkende Aktion können binäre und analoge Signale auf Werte bzw. Zustände gesetzt werden.

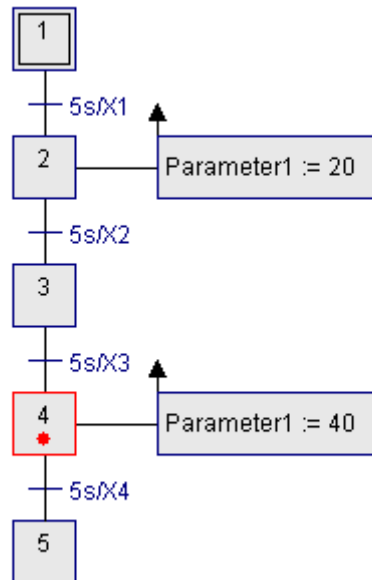
**Aufgabe 2.9.1:** Erstellen Sie einen GRAFCET-Plan mit fünf Schritten, bei dem im zweiten Schritt die Lampe *P1* mit der gespeichert wirkenden Aktion bei Aktivierung angeschaltet wird und im vierten Schritt die Lampe mit der gespeichert wirkenden Aktion bei Aktivierung wieder ausgeschaltet wird. Die Schritte sollen jeweils 5s aktiv sein.

### Lösung



**Aufgabe 1.9.2:** Erstellen Sie einen GRAFCET-Plan mit fünf Schritten, bei dem im zweiten Schritt das analoge Signal *Parameter1* (*Par1*) mit der gespeichert wirkenden Aktion bei Aktivierung auf 20 gesetzt wird und im vierten Schritt mit der gespeichert wirkenden Aktion bei Aktivierung auf 40 gesetzt wird. Die Schritte sollen jeweils 5s aktiv sein.

## Lösung



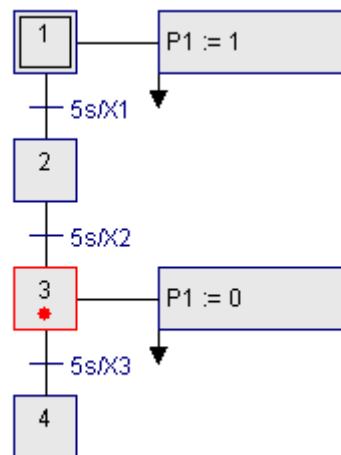
### 2.10 Gespeichert wirkende Aktion bei Deaktivierung

Bei der gespeichert wirkenden Aktion bei Deaktivierung wird das zugewiesene Signal auf den angegebenen Wert gesetzt, wenn der Schritt deaktiviert wird (die Flanke für den Schritt geht von 1 auf 0).

Die gespeichert wirkende Aktion bei Deaktivierung verhält sich wie die gespeichert wirkende Aktion bei Aktivierung, nur dass die Speicherung erst durchgeführt wird, wenn der zugehörige Schritt verlassen wird.

**Aufgabe 2.10.1:** Erstellen Sie einen GRAFCET-Plan mit vier Schritten, bei dem im ersten Schritt die Lampe *P1* mit der gespeichert wirkenden Aktion bei Deaktivierung angeschaltet wird und im dritten Schritt mit der gespeichert wirkenden Aktion bei Deaktivierung wieder ausgeschaltet wird. Die Schritte sollen jeweils 5s aktiv sein.

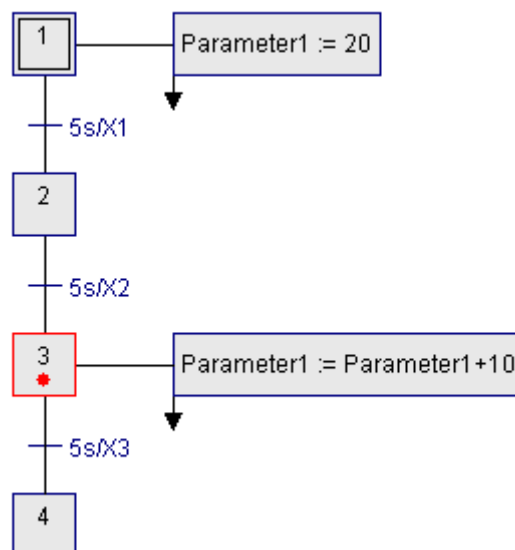
## Lösung



Das Verhalten von *P1* bei diesem GRAFCET entspricht dem Verhalten aus Aufgabe 2.9.1

**Aufgabe 2.10.2:** Erstellen Sie einen GRAFCET-Plan mit vier Schritten, bei dem im ersten Schritt das analoge Signal *Parameter1* (*Par1*) mit der gespeichert wirkenden Aktion bei Deaktivierung auf 20 gesetzt wird und im dritten Schritt mit der gespeichert wirkenden Aktion bei Deaktivierung um 10 erhöht wird. Die Schritte sollen jeweils 5s aktiv sein.

## Lösung



## 2.11 Gespeichert wirkende Aktion bei Ereignis

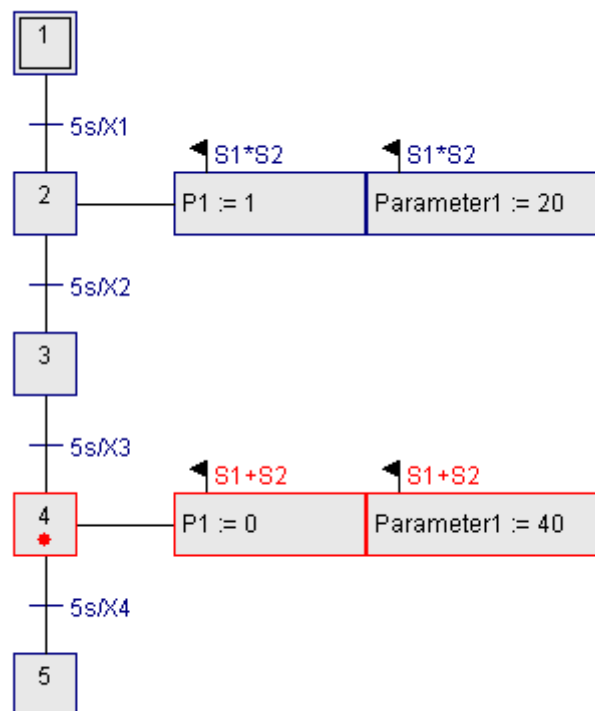
Bei der gespeichert wirkenden Aktion bei Ereignis muss der Schritt aktiv und die Ereignisbedingung erfüllt sein, damit der Wert zugewiesen wird.

Die zugewiesene Variable behält so lange ihren Wert, bis sie durch eine andere gespeichert wirkende Aktion überschrieben wird.

**Aufgabe 2.11.1:** Nutzen Sie die gespeichert wirkende Aktion bei Ereignis.

Erstellen Sie einen GRAFCET-Plan mit fünf Schritten. Im zweiten Schritt soll die Lampe *P1* angeschaltet und das analoge Signal *Parameter1* (*Par1*) auf 20 gesetzt werden, wenn zusätzlich Schalter *S1* und *S2* eingeschaltet sind. Im vierten Schritt soll *P1* wieder ausgeschaltet und *Parameter1* (*Par1*) auf 40 gesetzt werden, wenn Schalter *S1* oder *S2* eingeschaltet sind. Die Schritte sollen jeweils 5s aktiv sein.

### Lösung



## 2.12 Grafische Darstellung von Ablaufstrukturen

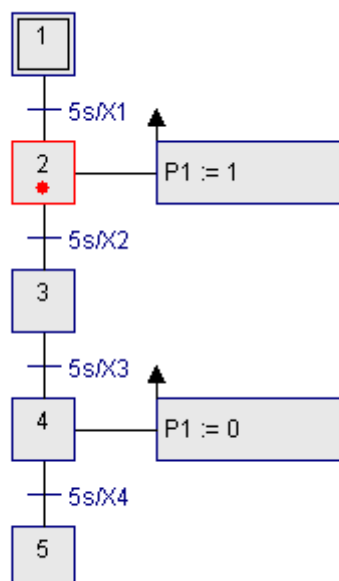
Es werden folgende Ablaufstrukturen im GRAFCET-Plan unterschieden:

- Ablaufkette
  - Geschlossene Ablaufkette
- Alternative Verzweigung
  - Ablaufauswahl
  - Überspringen von Schritten
  - Rückführsprung
- Parallele (simultane) Verzweigung
  - Aktivieren von parallelen Ablaufketten
  - Synchronisieren von Ablaufketten

### 2.12.1 Ablaufkette

Die bisher gestellten Aufgaben wurden alle mit einer einfachen Ablaufkette realisiert.

Beispiel Aufgabe 2.9.1



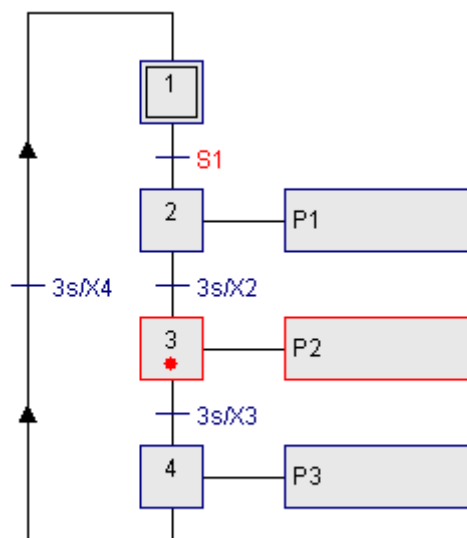


## 2.12.2 Geschlossene Ablaufkette

Da mithilfe von GRAFCET allgemeine Ablaufsteuerungen von Produktionsprozessen, Maschinen, Verfahren, etc. beschrieben werden, die ein immer wiederkehrendes Verhalten haben, werden in GRAFCETs meistens geschlossene Ablaufketten eingesetzt. Ein Beispiel hierfür ist eine Ampelschaltung, die in einer bestimmten Reihenfolge Lampen für eine gewisse Zeit an- und wieder ausschaltet, bis die Ampel ausgeschaltet wird.

**Aufgabe 2.12.1:** Erstellen Sie ein Lauflicht für die Lampen *P1*, *P2* und *P3*. Die Lampen sollen nacheinander jeweils für 3s leuchten. Das Lauflicht wird gestartet mit dem Schalter *S1*. Wird *S1* ausgeschaltet, soll das Lauflicht bis zum Ende durchlaufen und dann warten, bis *S1* wieder betätigt wird.

## Lösung



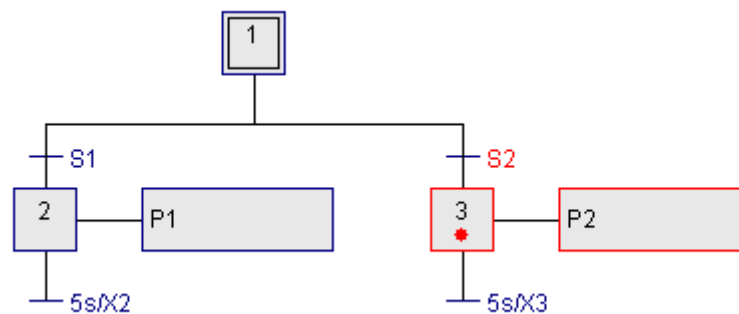
## 2.12.3 Alternative Verzweigung

### 2.12.3.1 Ablaufauswahl

In GRAFCET-Plänen besteht die Möglichkeit, alternativ zu verzweigen. Abhängig von den Transitionen wird entschieden, mit welchem Schritt der Ablauf weitergeht. Alternativ verzweigte GRAFCETs können auch wieder zusammen geführt werden.

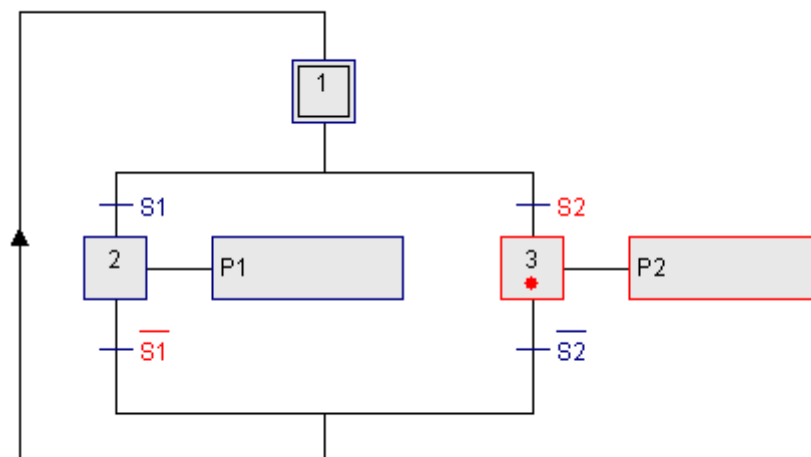
**Aufgabe 2.12.2:** Schalten Sie alternativ die Lampe *P1* oder *P2* an, abhängig davon, ob Schalter *S1* oder *S2* betätigt wurde. Lassen Sie die Lampe für 5s leuchten.

### Lösung



**Aufgabe 2.12.3:** Verändern Sie die obige Schaltung so, dass *P1* (bzw. *P2*) ausgeht, wenn *S1* (bzw. *S2*) ausgeschaltet wird. Danach soll gewartet werden, bis *S1* oder *S2* wieder betätigt wird.

### Lösung



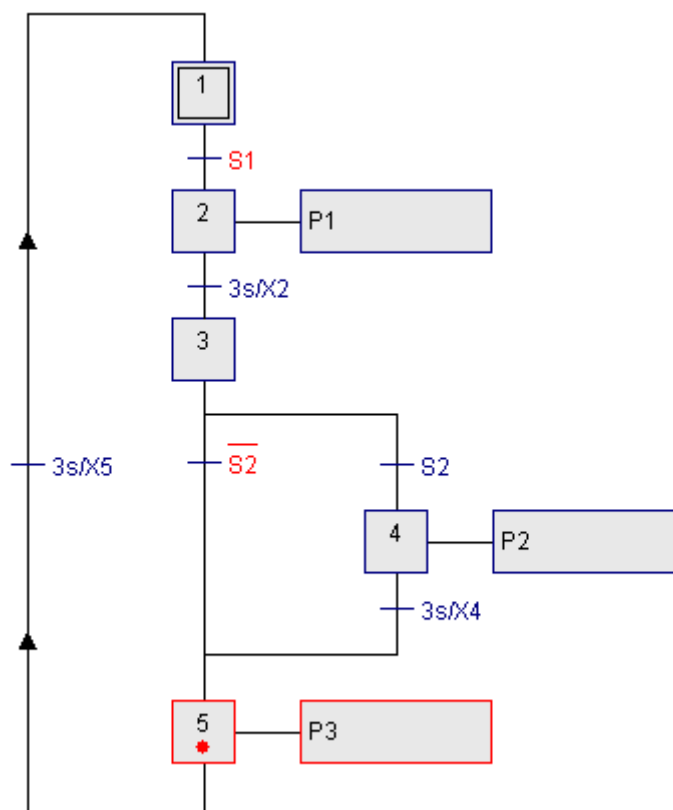
**Achtung:** In den beiden oberen Aufgaben ist es sinnvoller statt der Transition  $S1$  lieber die Transition  $S1 * \overline{S2}$  ( $S1$  und nicht  $S2$ ) bzw. statt der Transition  $S2$  die Transition  $S2 * \overline{S1}$  ( $S2$  und nicht  $S1$ ) einzusetzen. Damit wird ausgeschlossen, dass beide Transitionen gleichzeitig aktiv sein können.

## 2.12.3.2 Überspringen von Schritten

Eine spezielle Ablaufauswahl ist das Überspringen von Schritten.

**Aufgabe 2.12.4:** Erstellen Sie wieder das Lauflicht aus Aufgabe 1.12.1. Erweitern Sie die Schaltung so, dass die Lampe  $P2$  nur angeschaltet wird, wenn der Schalter  $S2$  betätigt wurde, sonst bleibt  $P2$  aus.

## Lösung

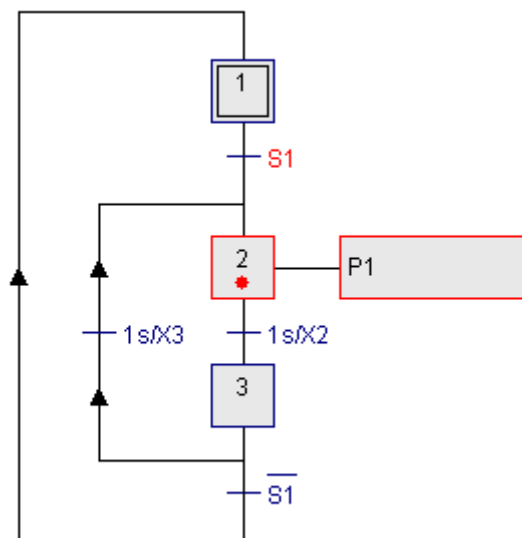


## 2.12.3.3 Rückführsprung

Durch die alternative Verzweigung können natürlich auch Rücksprünge erfolgen.

**Aufgabe 2.12.5:** Die Schaltung wird gestartet mit dem Schalter  $S1$ . Die Lampe  $S1$  soll solange im Sekundentakt blinken, bis  $S1$  wieder ausgeschaltet wird. Gestartet wird der Ablauf wieder mit  $S1$ .

## Lösung



## 2.12.4 Parallele (simultane) Verzweigung

### 2.12.4.1 Aktivierung und Synchronisieren von parallelen Ablaufketten

Statt alternativ zu verzweigen, besteht in GRAFCET auch die Möglichkeit, parallel zu verzweigen. Der Ablauf wird in zwei oder mehr Ketten verzweigt, die gleichzeitig abgearbeitet werden. Parallele Ketten können auch wieder zusammengeführt werden (Synchronisieren von parallelen Ablaufketten). Nach der Zusammenführung (Synchronisierung) wird der nächste Schritt erst aktiv, wenn alle parallelen Ketten abgearbeitet worden sind und die Transition erfüllt ist.

Die parallele Verzweigung (Aktivierung von parallelen Ablaufketten) sowie die Zusammenführung (Synchronisieren von parallelen Ablaufketten) werden durch einen Doppelstrich dargestellt.

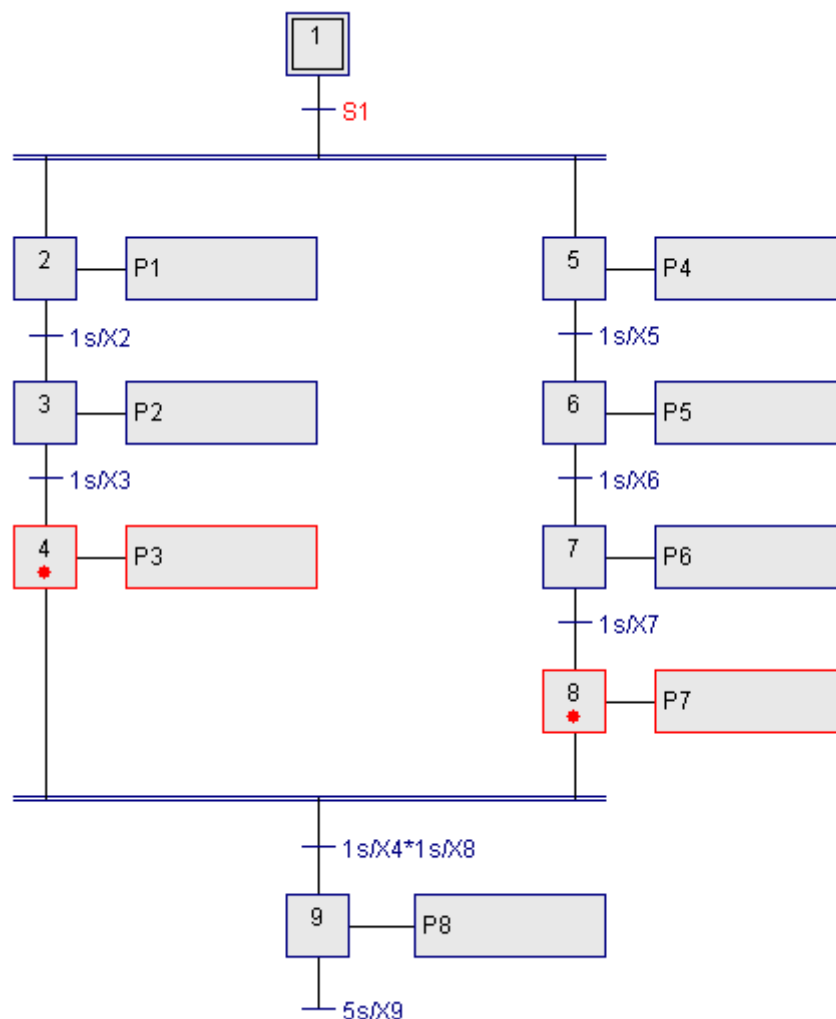
**Aufgabe 2.12.6:** Der Ablauf wird mit dem Schalter  $S1$  gestartet. Parallel sollen die Lampen  $P1$ ,  $P2$ ,  $P3$  und die Leuchtdioden  $P4$ ,  $P5$ ,  $P6$ ,  $P7$  im Sekundentakt an- und wieder ausgeschaltet werden.  $P3$  soll erst ausgeschaltet werden, wenn  $P7$  für eine Sekunde geleuchtet hat. Nachdem die letzte Leuchtdiode  $P7$  geleuchtet hat, wird die Leuchtdiode  $P8$  angeschaltet. Sie soll 5s leuchten, dann wird der GRAFCET beendet.

## Hinweis:

Bei der parallelen Verzweigung befindet sich eine Transition vor dem Doppelstrich. Nach der Zusammenführung der parallelen Ketten muss eine Transition hinter dem Doppelstrich vorhanden sein.

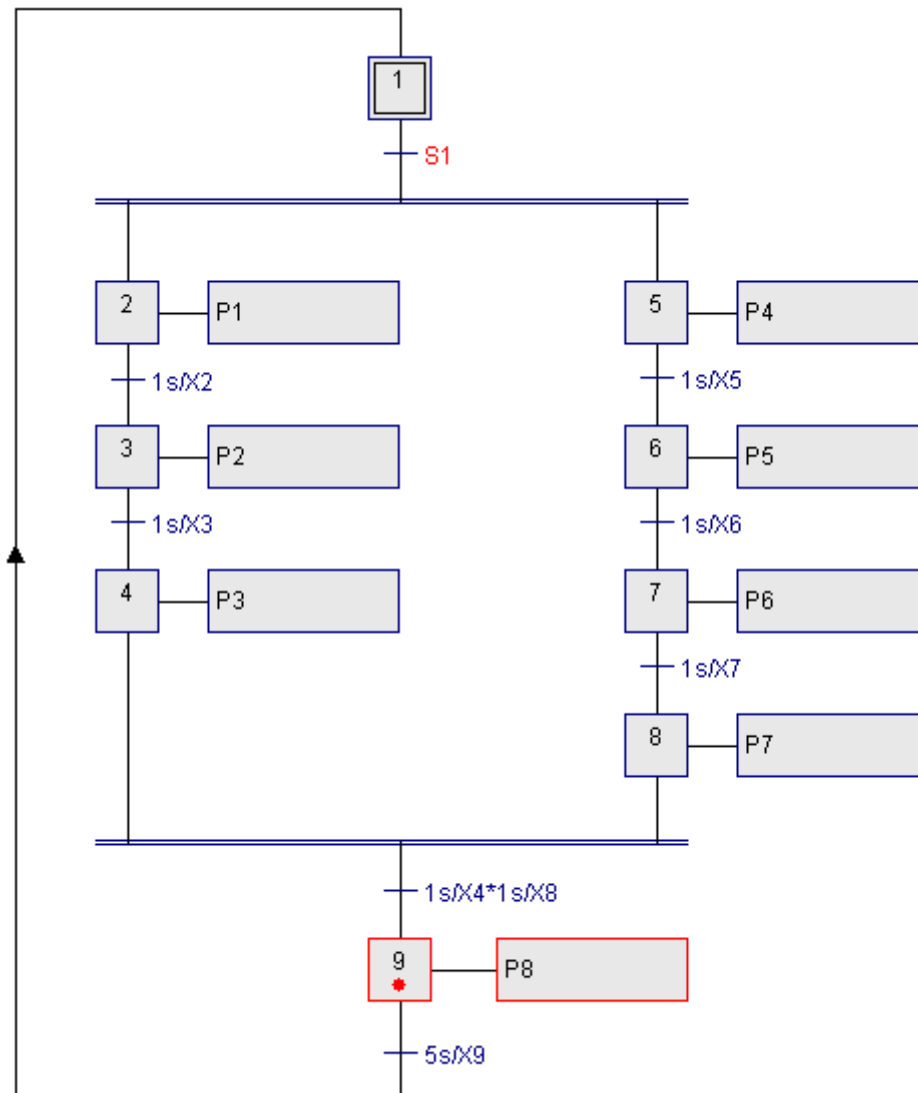
Bei der alternativen Verzweigung fängt jede Kette mit einer Transition an und hört auch mit einer Transition auf, bevor die Ketten wieder zusammengeführt werden.

## Lösung



**Aufgabe 2.12.7:** Erweitern Sie den GRAFCET-Plan so, dass der Ablauf nach dem Leuchten von S8 wieder startet.

## Lösung



## 2.13 Strukturieren von GRAFCET durch Hierarchien

Zur Strukturierung können GRAFCETs in Teil-GRAFCETs oder Makros unterteilt werden. Teil-GRAFCETs bzw. Makros werden in einem GRAFCET-Plan aufgerufen durch:

- Makroschritte
- einschließende Schritte
- zwangssteuernde Befehle

## 2.13.1 Makro und Makroschritte

Der Makro ist eine Teilstruktur eines GRAFCETs. Der Makro muss einen Anfangs- und einen Endschritt haben. Durch einen Rahmen um die Teilstruktur wird der Makro festgelegt.

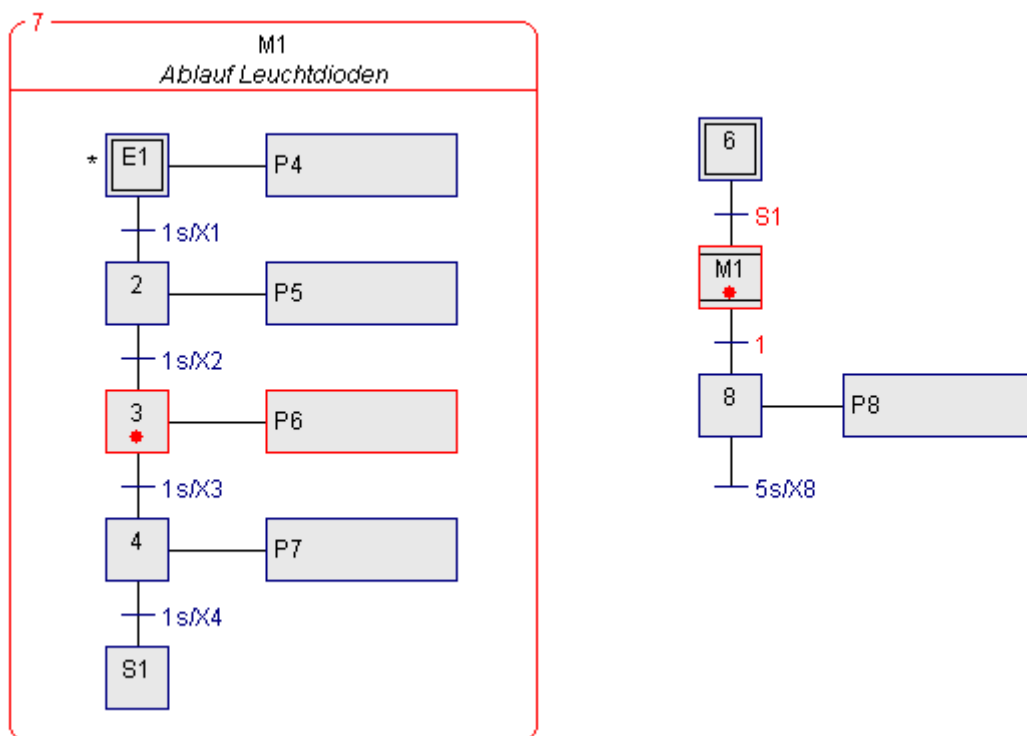
Über einen Makroschritt wird der Makro in einem GRAFCET-Plan aufgerufen.

Der Makroschritt, der einen Makro aufruft, kann erst verlassen werden, wenn der Makro (die Teilstruktur) vollständig abgearbeitet wurde, d.h. der Endschritt des Makros muss aktiv gewesen sein.

**Aufgabe 2.13.1:** Definieren Sie einen Makro, der im Sekundentakt nacheinander die Leuchtdioden *P4*, *P5*, *P6*, *P7* an- und wieder ausschaltet.

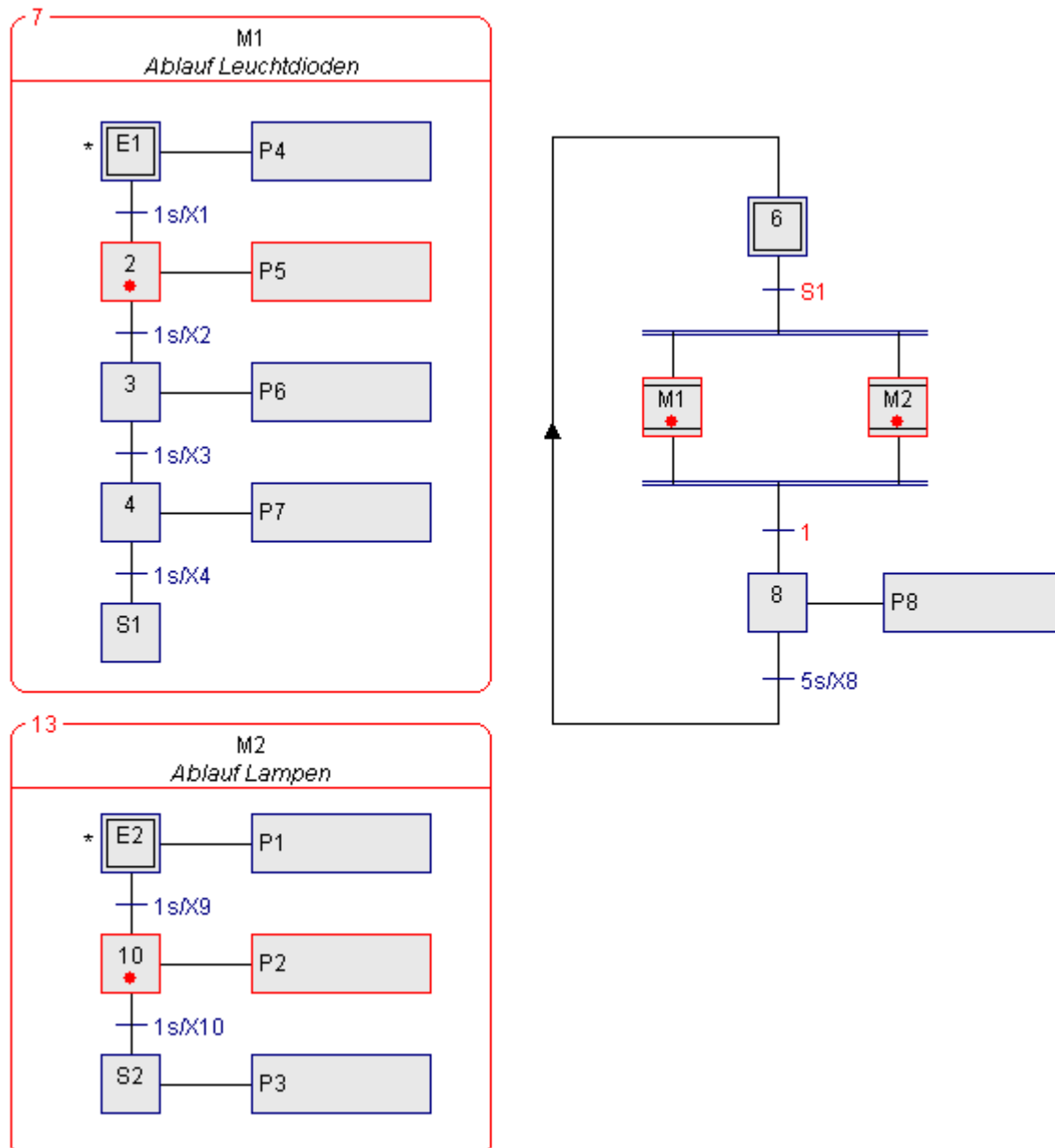
Der Makro soll gestartet werden, wenn der Schalter *S1* angeschaltet wurde. Nachdem der Makro abgearbeitet ist, soll die Leuchtdiode *P8* angeschaltet werden. Sie soll 5s leuchten und dann wird der GRAFCET beendet.

## Lösung



**Aufgabe 2.13.2:** Verändern Sie den GRAFCET-Plan aus Aufgabe 1.12.7 so, dass das An- und Ausschalten der Lampen  $P1$ ,  $P2$ ,  $P3$  und der Leuchtdioden  $P4$ ,  $P5$ ,  $P6$ ,  $P7$  jeweils mit einem Makro realisiert wird.

## Lösung





## 2.14 Einschließender Schritt und einschließender Anfangsschritt

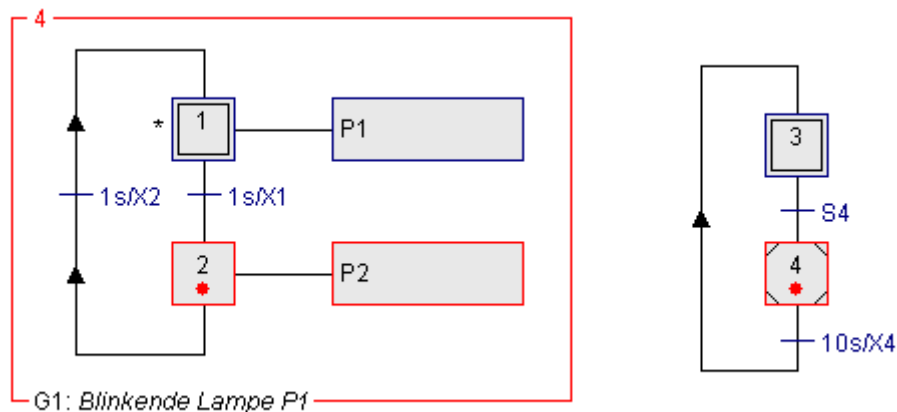
Der einschließende Schritt bzw. der einschließende Anfangsschritt arbeiten ähnlich wie der Makroschritt. Teil-GRAFCETs werden über einen einschließenden Schritt aufgerufen.

Der eingeschlossene Teil-GRAFCET wird nur solange ausgeführt, wie der einschließende Schritt aktiv ist.

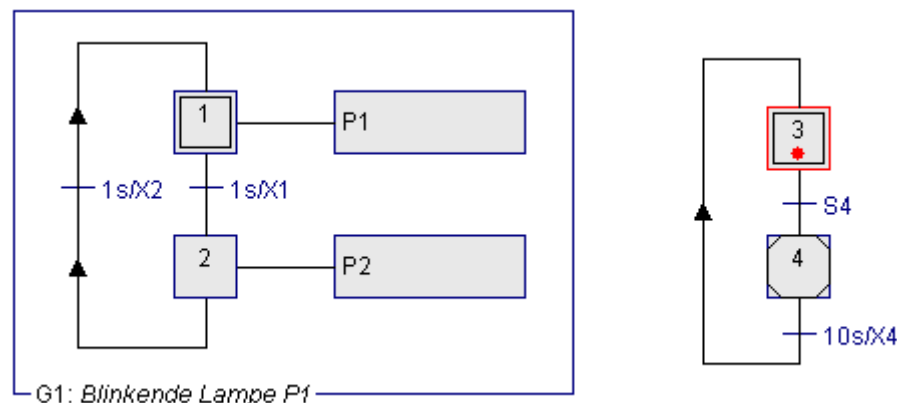
Im Gegensatz zum einschließenden Schritt kann der Makroschritt erst verlassen werden, wenn der letzte Schritt des Makros (der Endschritt) aktiv war.

**Aufgabe 2.14.1:** Realisieren Sie einen Teil-GRAFCET, durch den die Lampe *P1* und die Lampe *P2* abwechselnd im Sekundentakt blinken. Nach Drücken des Tasters *S4* soll das Blinken gestartet werden. Nach 10s gehen die Lampen aus und über den Taster *S4* kann der Ablauf wieder gestartet werden. Nutzen Sie den einschließenden Schritt.

### Lösung



Wenn der einschließende Schritt verlassen wird, werden alle Schritte des eingeschlossenen Teil-GRAFCETs resettet (inaktiv).



## 2.15 Zwangssteuernde Befehle

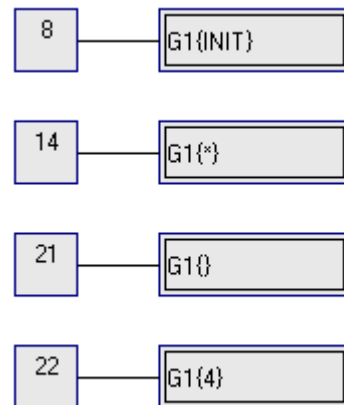
Über zwangssteuernde Befehle können Teil-GRAFCETS gestartet, resettet (zurückgesetzt) und angehalten werden.

$G1\{\text{Init}\}$  setzt den Teil-GRAFCET auf die Anfangssituation, in der nur die Anfangsschritte aktiv sind.

$G1\{*\}$  hält den Teil-GRAFCET in der momentanen Situation solange der Schritt aktiv ist.

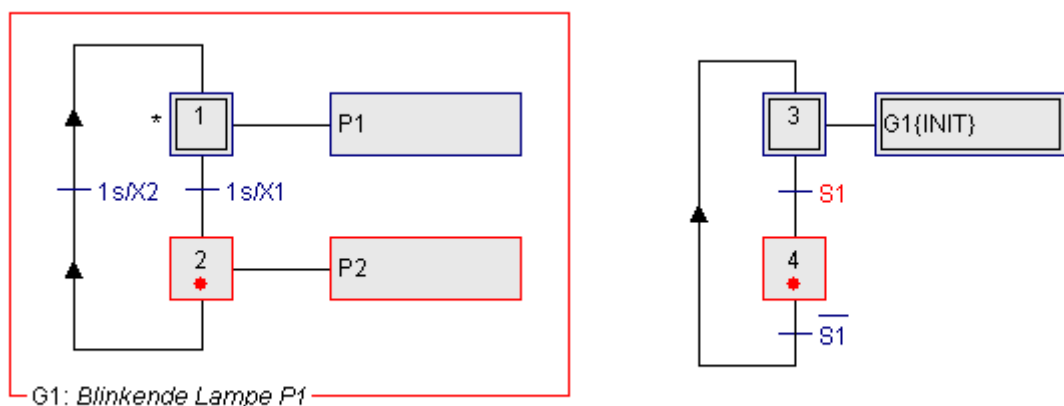
$G1\{\}$  setzt den Teil-GRAFCET in die leere Situation, d.h. alle Schritte des Teil-GRAFCETS werden resettet. Kein Schritt ist aktiv.

$G1\{4\}$  setzt den Schritt 4 des Teil-GRAFCETS.



**Aufgabe 2.15.1:** Verändern Sie die Schaltung aus Aufgabe 2.14.1 so, dass die Lampe *P1* permanent leuchtet, wenn das Blinken nicht eingeschaltet wurde. Schalten Sie das Blinken mit dem Schalter *S1* ein und aus. Nutzen Sie den zwangssteuernden Befehl.

## Lösung



**Aufgabe 2.15.2:** Beginnen Sie mit dem Blinken der beiden Lampen  $P1$  und  $P2$  mithilfe des Teil-GRAFCETs  $G1$  (wie Aufgabe 2.15.1) und dem zwangssteuernden Befehl.

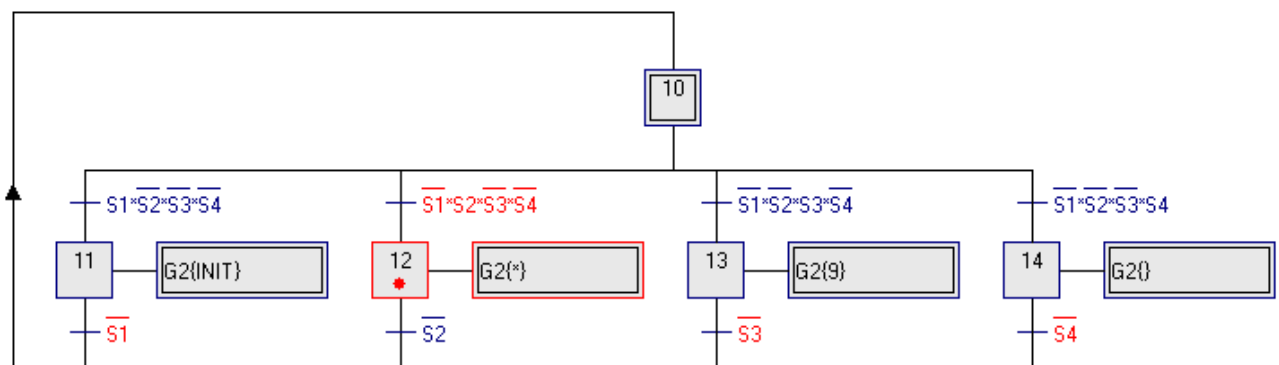
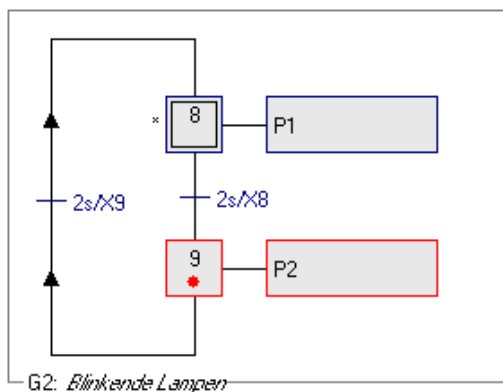
Durch Einschalten des Schalters  $S1$  soll das Blinken in dem Zustand angehalten werden, in dem es sich gerade befindet. Durch Ausschalten von  $S1$  wird das Blinken fortgesetzt.

Durch Einschalten des Schalters  $S2$  soll das Blinken gestoppt und Lampe  $P2$  angeschaltet werden. Durch Ausschalten von  $S2$  wird das Blinken fortgesetzt.

Durch Einschalten des Schalters  $S3$  soll das Blinken gestoppt und beide Lampen  $P1$ ,  $P2$  ausgeschaltet werden. Durch Ausschalten von  $S3$  wird das Blinken fortgesetzt.

Nutzen Sie die zwangssteuernden Befehle.

## Lösung



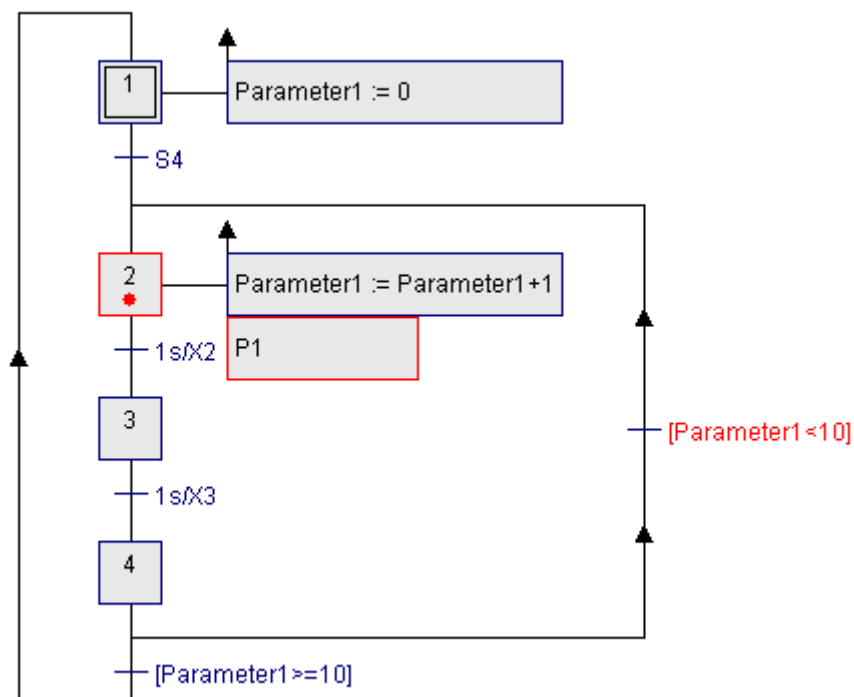
## 3 Aufgaben und Lösungen

### 3.1 Aufgabe mit analogen Parametern

**Aufgabe 3.1.1:** Lassen Sie die Lampe *P1* genau zehnmal für eine Sekunde blinken, bevor die Schaltung beendet wird. Nutzen Sie hierfür das freie Signal *Parameter1* (*Par1*). Durch den Taster *S4* (*S7*) soll die Schaltung immer wieder gestartet werden können, wenn Sie durchgelaufen ist.

In der unten dargestellten Lösung wird im Anfangsschritt das analoge Signal *Parameter1* auf 0 gesetzt. In dem Schritt 2 wird *Parameter1* um 1 hochgezählt und die Lampe *P1* eingeschaltet. Über die Transitionen *Parameter1* > 10 bzw. *Parameter1* ≤ 10 wird entschieden, ob alternativ zu Schritt 2 zurückgegangen wird oder ob wieder der Anfangsschritt gesetzt wird.

### Lösung

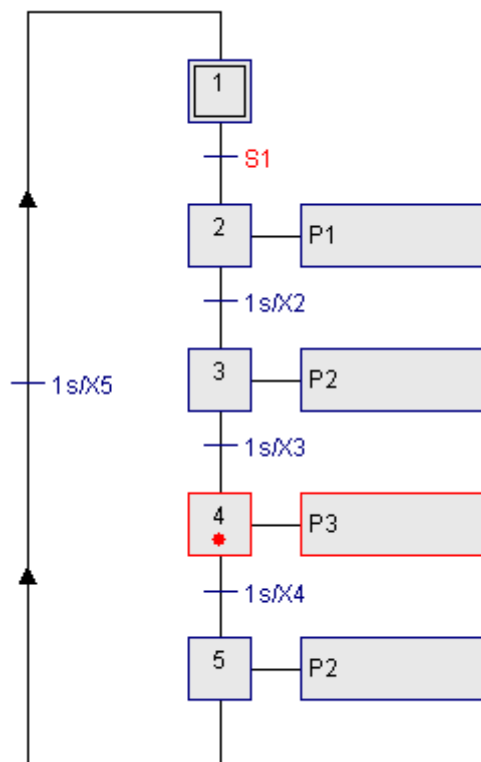


## 3.2 Aufgabe Lichterkette

**Aufgabe 3.2.1:** Erstellen Sie eine Lichterkette mit der die Lampen jeweils für eine Sekunde in der Reihenfolge rot, gelb, grün, gelb an- und ausgeschaltet werden, wenn der Schalter *S1* gedrückt wurde.

### Lösung

Die Lösung mit einem GRAFCET-Plan könnte z.B. folgendermaßen aussehen:



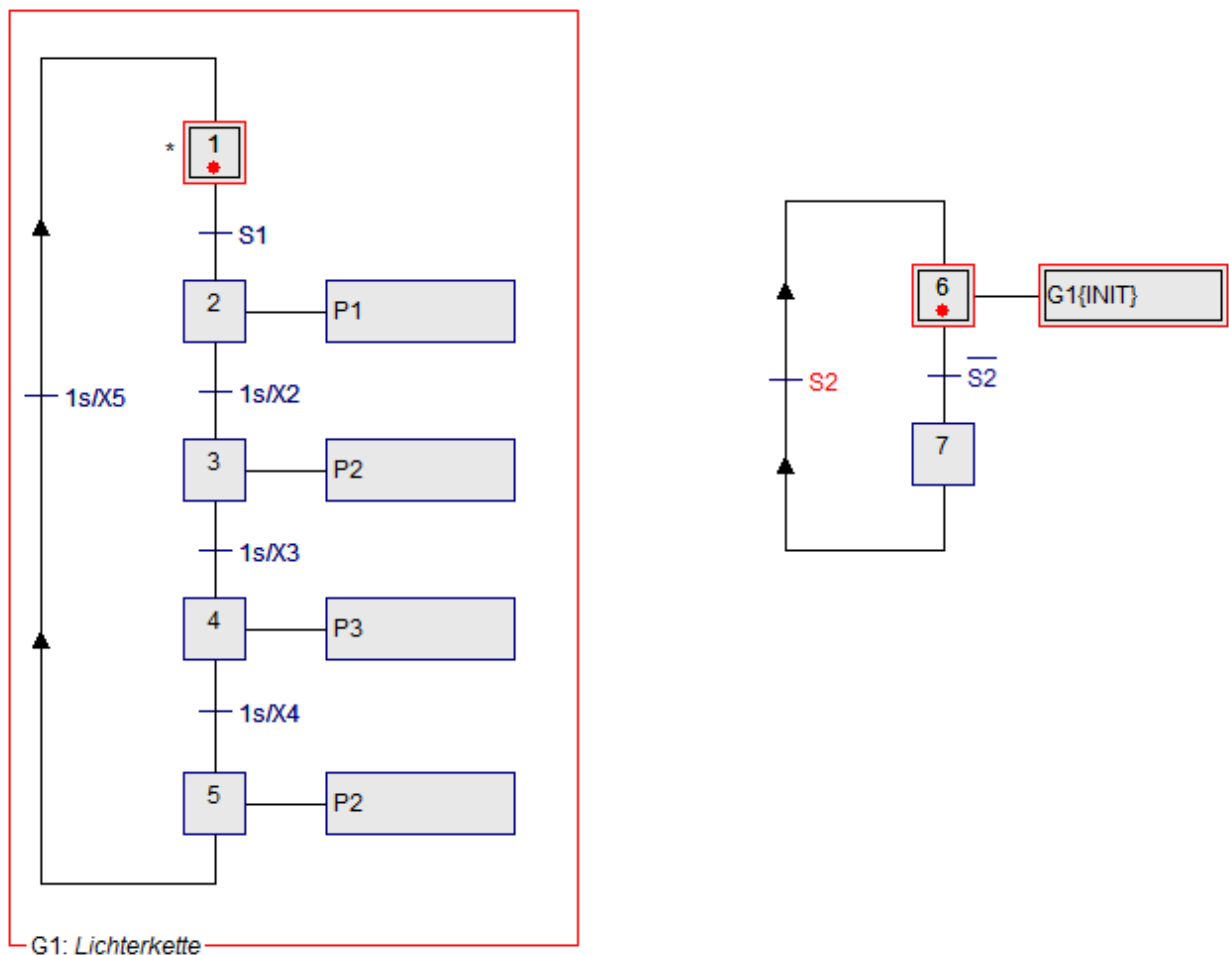
Wenn *S1* gedrückt bleibt, beginnt der Ablauf wieder beim Anfangsschritt

**Aufgabe 3.2.2:** Erweitern Sie die Lichterkette so, dass durch Drücken des Schalters S2 alle Lampen ausgehen und die Schrittkette in den Anfangsschritt zurückgeht. (Tipp: Teil-GRAFCET und Zwangssteuerung nutzen)

## Lösung

Definieren Sie Ihre Lichterkette als Teil-GRAFCET. Setzen Sie den Teil-GRAFCET durch einen *Zwangssteuernden Befehl* in den Anfangsschritt zurück.

Die Lösung mit einem GRAFCET-Plan könnte z.B. folgendermaßen aussehen:



Wenn S2 nicht gedrückt ist, geht der GRAFCET-Plan vom Anfangsschritt 6 sofort in den Schritt 7 und gibt damit den Teil-GRAFCET G1 frei. Wird S2 gedrückt, dann wird der Schritt 6 wieder gesetzt. Damit zwingt der *zwangssteuernde Befehl* den Teil-GRAFCET G1 in seinen Anfangsschritt 1 und der Ablauf der Lichterkette wird gestoppt.

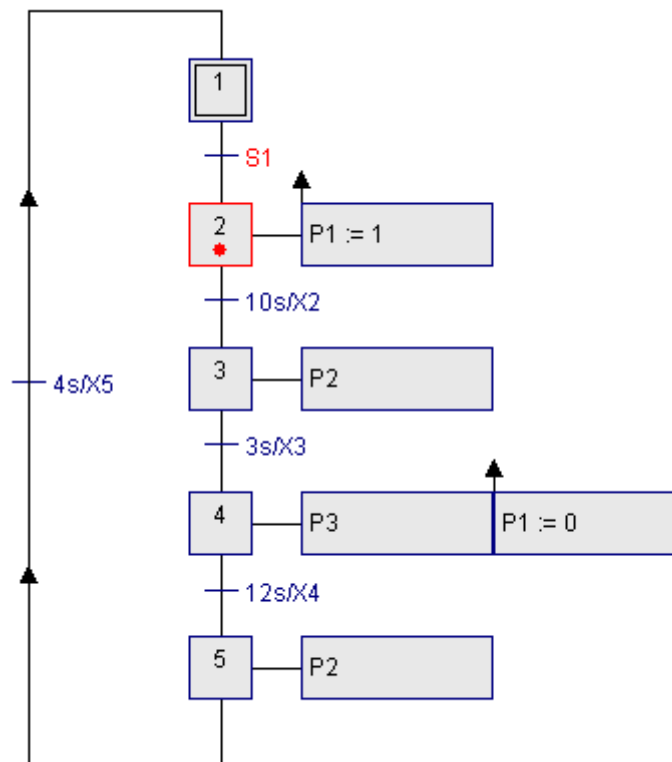
## 3.3 Aufgabe Ampelsteuerung

### Aufgabe 3.3.1: Erstellen Sie eine Ampelsteuerung.

Mit dem Schalter  $S1$  soll die Ampelschaltung an- und ausgeschaltet werden. Bei der Ampelsteuerung gehe als erstes das rote Licht für 10s an ( $P1$  auf 1 setzen). Dann wird für 3 Sekunden das gelbe Licht zugeschaltet ( $P2$  auf 1). Das rote und das gelbe Licht müssen danach gleichzeitig ausgeschaltet und das grüne Licht eingeschaltet werden ( $P1, P2$  auf 0 und  $P3$  auf 1 setzen). Das grüne Licht soll 12 Sekunden eingeschaltet bleiben. Danach geht das grüne Licht aus und das gelbe Licht wird für 4 Sekunden angeschaltet, bevor der Zyklus mit dem roten Licht wieder beginnt.

### Lösung

Die Lösung mit einem GRAFCET-Plan könnte z.B. folgendermaßen aussehen:

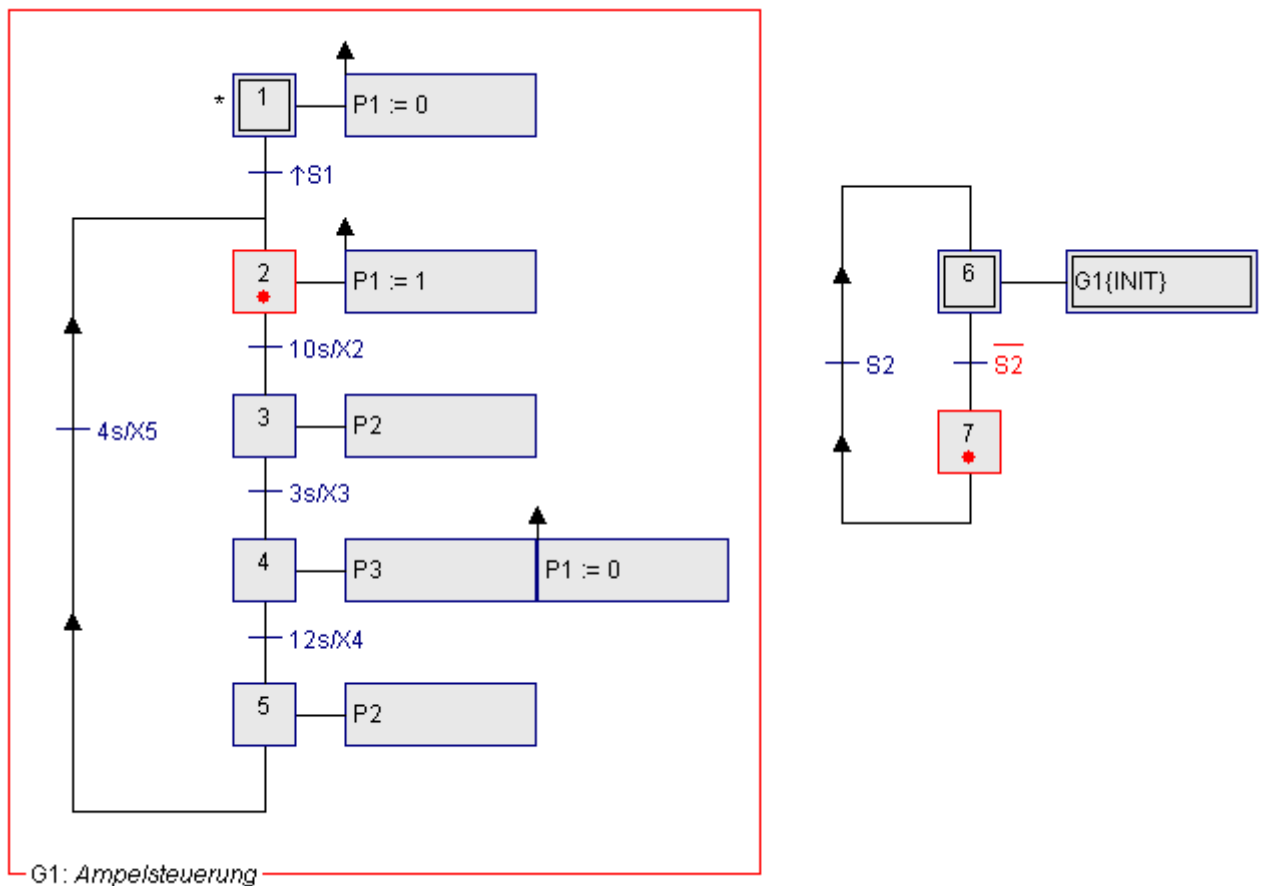


Damit die rote Lampe und die gelbe Lampe gleichzeitig leuchten, wurde in diesem GRAFCET-Plan die rote Lampe über eine *speichernd wirkende Aktion bei Aktivierung* auf 1 gesetzt (im Schritt 2 wird  $P1$  auf 1 gesetzt). Im Schritt 4 wird die rote Lampe wieder über die *speichernd wirkende Aktion bei Aktivierung* ausgeschaltet ( $P1$  wird auf 0 gesetzt). Die gelbe Lampe  $P2$  wird durch die *kontinuierlich wirkende Aktion* im Schritt 3 und 5 auf 1 gesetzt und beim Verlassen des Schrittes 3 auf 0 gesetzt. Insgesamt ergibt sich das gewünschte Verhalten.

**Aufgabe 3.3.2:** Die Ampelsteuerung von Aufgabe 2.3.1 soll erweitert werden: Der Ampelzyklus darf nur gestartet werden, wenn der Schalter *S1* betätigt wurde. Wird der Stopp-Schalter *S2* gedrückt, schaltet die Ampel sofort aus. Erst wenn der Schalter *S2* nicht mehr gedrückt ist und der Schalter *S1* betätigt wurde (Flanke auf 1), soll die Ampelschaltung wieder starten.

## Lösung

Die Lösung mit einem GRAFCET-Plan könnte z.B. folgendermaßen aussehen:



Durch die *Zwangssteuerung* im Schritt 6 wird der Teil-GRAFCET *G1 Ampelsteuerung* initialisiert, d.h. zwangsweise im Anfangsschritt 1 gehalten. Ist *S2* nicht gedrückt, hat also den Wert 0, geht die Steuerung in den Schritt 7 und gibt den Teil-GRAFCET *G1* frei. Die Ampel im Teil-GRAFCET fängt an zu laufen, wenn der Schalter *S1* angeschaltet wird. Da das Anschalten der roten Lampe *P1* mit der *speichernd wirkenden Aktion bei Aktivierung* erfolgt, muss die Lampe *P1* im Initialisierungsschritt des Teil-GRAFCETs *G1* ausgeschaltet werden.



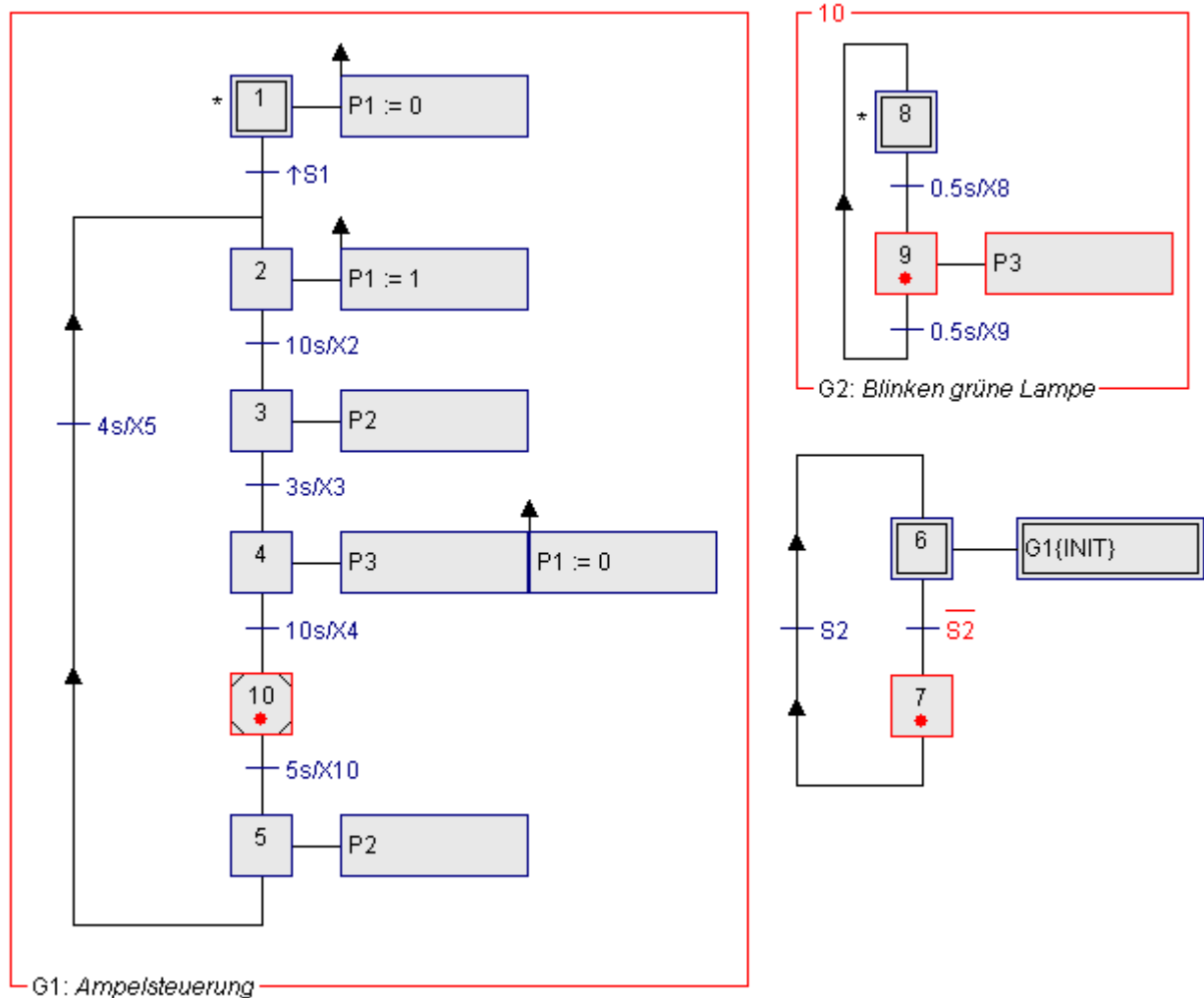
## Aufgabe 3.3.3

Blinken der grünen Lampe, wenn die Grün-Phase beendet ist:

In Österreich fängt die grüne Lampe an zu blinken, wenn die Grün-Phase vorbei ist. Erweitern Sie die Schaltung der Aufgabe 3.3.2 so, dass die grüne Lampe 10s angeschaltet ist, dann noch für 5s blinkt bevor die gelbe Lampe angeht (Nutzen Sie den *einschließenden Schritt*),

## Lösung

Die Lösung eines GRAFCET-Plans mit *einschließendem Schritt* könnte folgendermaßen aussehen:



In dieser Lösung wird das blinkende grüne Licht mit dem Teil-GRAFCET G2 realisiert, der über einen *einschließenden Schritt* aufgerufen wird. Der *einschließende Schritt* 10 startet den Teil-GRAFCET G2. Wird der *einschließende Schritt* verlassen, so wird der Teil-GRAFCET beendet, d.h. alle Schritte des Teil-GRAFCETs werden zurückgesetzt.

## Aufgabe 3.3.4

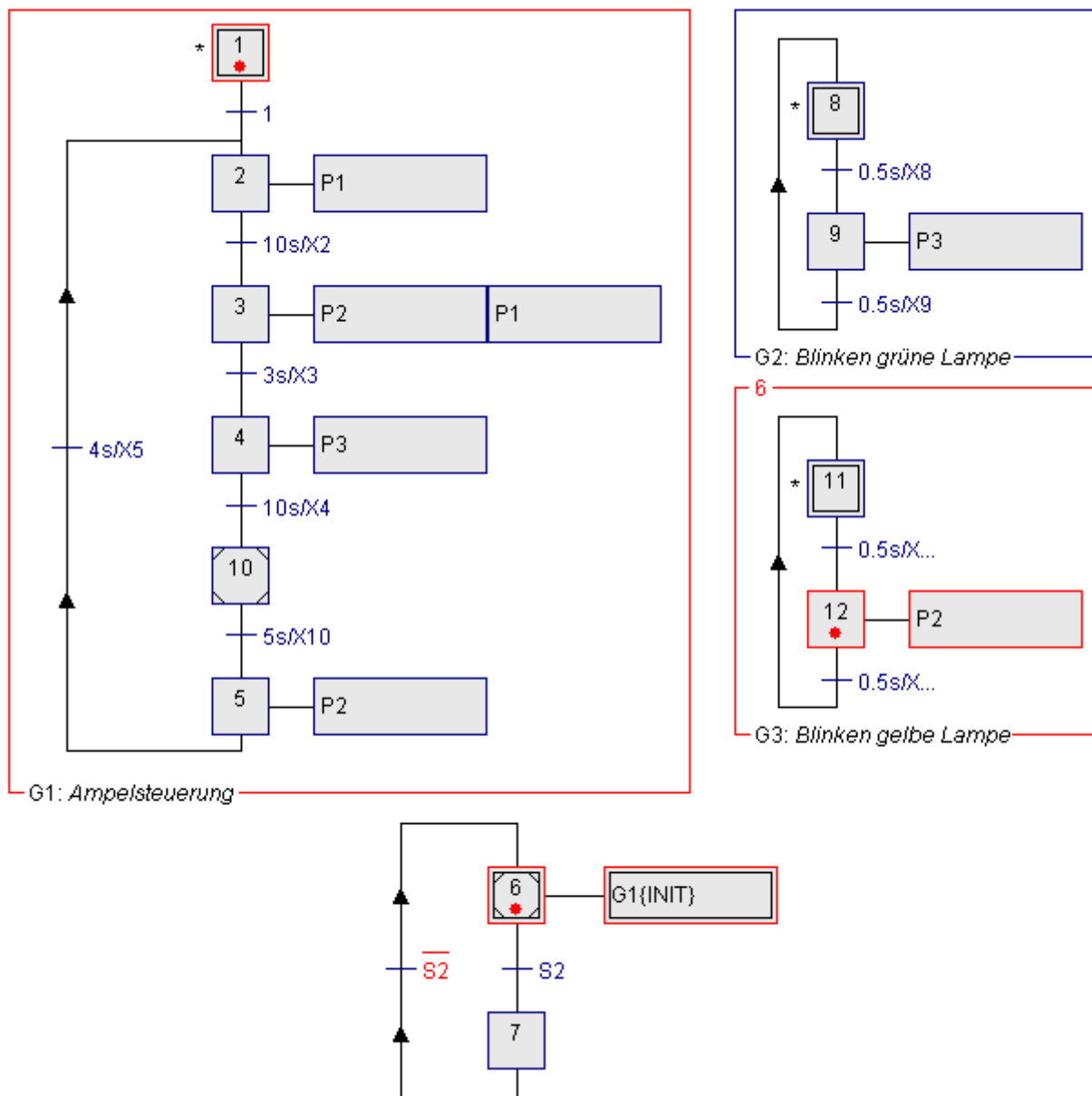
Verändern Sie die Ampelschaltung folgendermaßen:

Wenn der Schalter S2 nicht gedrückt ist, soll die gelbe Lampe blinken.  
Wird der Schalter S2 betätigt, fängt die Ampelschaltung an zu laufen.

## Lösung

Die Lösung eines GRAFCET-Plans mit *einschließendem Schritt* könnte folgendermaßen aussehen:

Der *einschließende Anfangsschritt* 6 ruft den Teil-GRAFCET G3 auf. Wenn der *einschließende Anfangsschritt* 6 gesetzt ist, wird der Teil-GRAFCET G3 gestartet und durch den *zangssteuernden Befehl* wird der Teil-GRAFCET G1 in seinem Anfangsschritt 1 festgehalten.

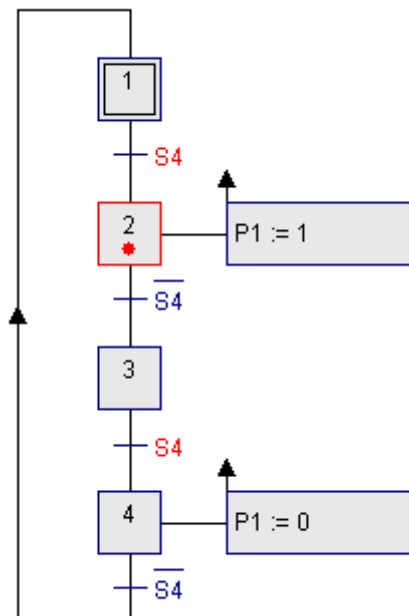


## 3.4 Aufgaben mit Taster / Schalter

**Aufgabe 3.4.1:** Versuchen Sie die Lampe *P1* mithilfe des Tasters *S4* (*S7*) einzuschalten und durch nochmaliges Drücken des Tasters die Lampe wieder auszuschalten.

### Lösung

Die Lösung mit einem GRAFCET-Plan könnte z.B. folgendermaßen aussehen:



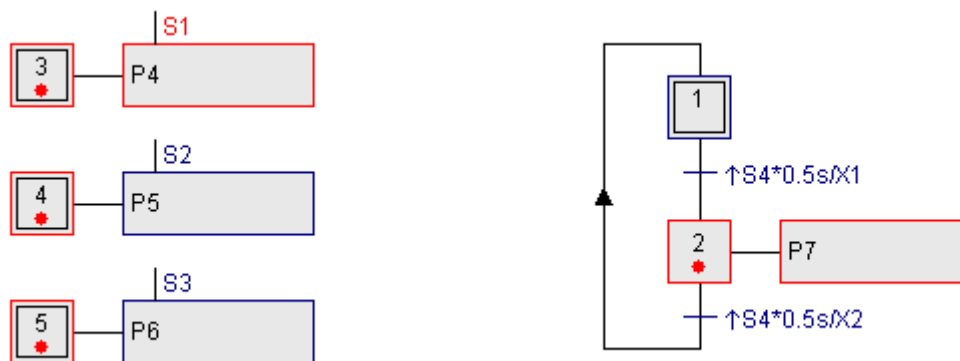
Nach dem Initialisieren befindet sich der GRAFCET-Plan im Schritt 1 und wartet auf die Transition *S4* bzw. *S7*. Wird *S4* gedrückt, so wird Schritt 2 aktiv und über die *gespeichert wirkende Aktion bei Aktivierung* schaltet die Lampe *P1* ein. Wenn der Taster losgelassen wird, also Transition *!S4* (*nicht S4*) erfüllt ist, geht der GRAFCET in den Schritt 3. Die Lampe bleibt an, da sie im Schritt 2 gespeichert gesetzt wurde.

Durch nochmaliges Drücken von *S4* geht die Steuerung in den Schritt 4, indem mit der *gespeichert wirkenden Aktion bei Aktivierung* das Signal *P1* auf 0 gesetzt wird. Damit geht die Lampe *P1* wieder aus.

**Aufgabe 3.4.2:** Erstellen Sie einen GRAFCET-Plan, mit dem Sie über die Schalter bzw. den Taster  $S1$ ,  $S2$ ,  $S3$ ,  $S4$  die Leuchtdioden  $P4$ ,  $P5$ ,  $P6$ ,  $P7$  an- und ausschalten können.

## Lösung

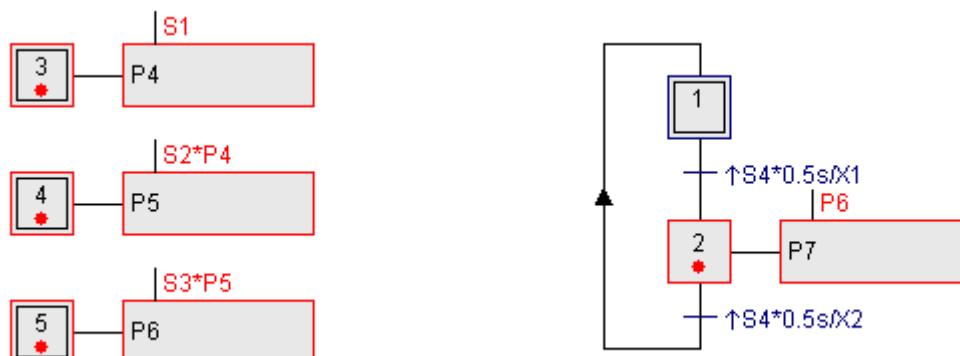
Der GRAFCET-Plan könnte folgendermaßen aussehen. Das An- und Ausschalten von  $P7$  mithilfe des Tasters  $S4$  ( $S7$ ) könnte auch, wie in Aufgabe 2.4.1 dargestellt, gelöst werden. Damit der GRAFCET-Plan nicht transient durchläuft (mehrere Schritte werden gleichzeitig nacheinander aktiv), wurden die Zeitverzögerungen nach Schritt 1 und 2 eingebaut.



**Aufgabe 3.4.3:** Erweitern Sie die Steuerung so, dass  $P5$  nur leuchtet, wenn zusätzlich  $P4$  brennt,  $P6$  nur leuchtet, wenn zusätzlich  $P5$  leuchtet und  $P7$  nur leuchtet, wenn  $P6$  leuchtet.

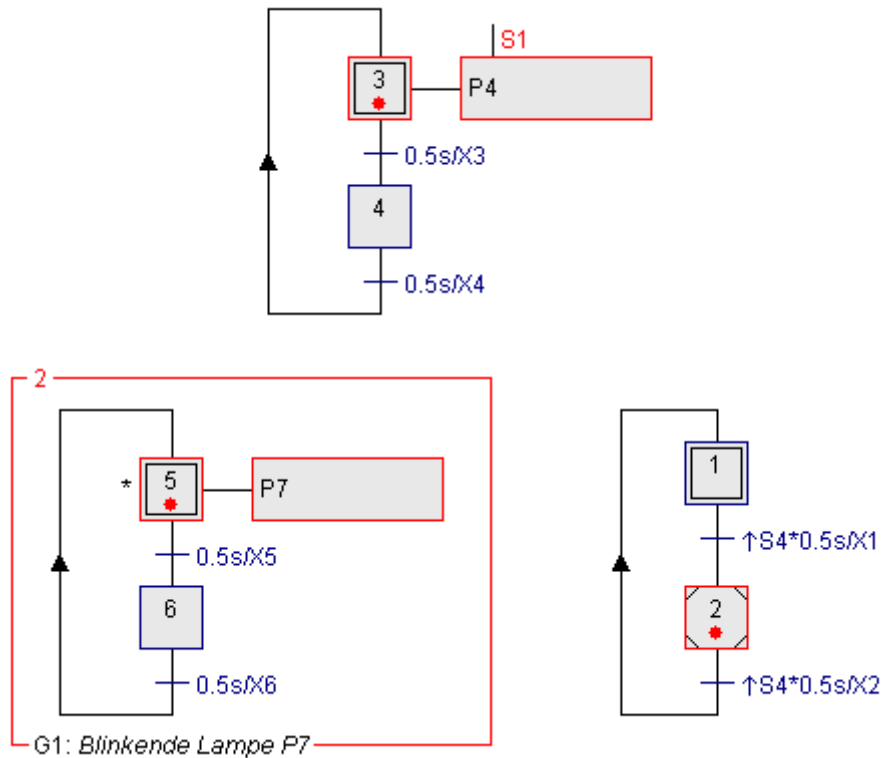
## Lösung

Eine Lösung könnte folgendermaßen aussehen.



**Aufgabe 3.4.4:** Lassen Sie die Leuchtdiode *P4* blinken, wenn *S1* eingeschaltet ist. *P7* soll blinken, wenn der Taster *S4* (*S7*) gedrückt wurde. Das Blinken soll stoppen, wenn der Taster wieder betätigt wurde.

## Lösung

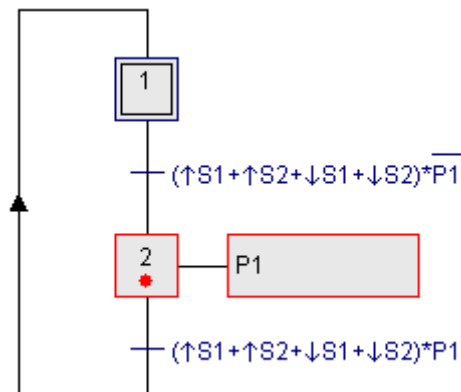


## 3.5 Wechselschaltung

**Aufgabe 3.5.1:** Erstellen Sie eine Wechselschaltung für die Lampe  $P1$ : Durch Drücken der Schalter  $S1$  bzw.  $S2$  soll die Lampe  $H1$  an- bzw. ausgeschaltet werden. Ist die Lampe aus und wird ein Schalter betätigt, soll die Lampe angehen. Ist die Lampe an und ein Schalter wird betätigt, soll die Lampe ausgehen.

### Lösung

Die Lösung mit einem GRAFCET-Plan könnte z.B. folgendermaßen aussehen:

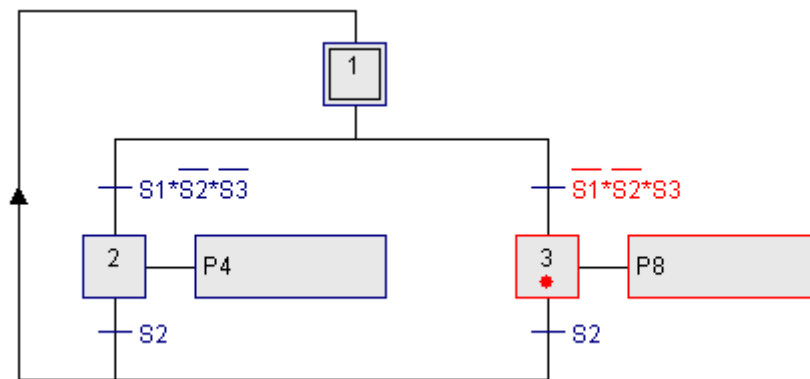


## 3.6 Wendeschaltung

**Aufgabe 3.6.1:** Erstellen Sie eine Wendeschaltung mit den Leuchtdioden  $P4$ ,  $P8$ :  
 $P4$  wird mit dem Schalter  $S1$  eingeschaltet,  $P8$  mit dem Schalter  $S3$ .  
 $P4$  und  $P8$  werden mit dem Schalter  $S2$  ausgeschaltet.  
 $P4$  und  $P8$  können nur eingeschaltet werden, wenn alle Schalter ausgeschaltet sind.

### Lösung

Mit dem unten dargestellten GRAFCET-Plan können Sie z.B. die Aufgabe lösen.



## 3.7 Alarmquittierung

**Aufgabe 3.7.1:** Realisieren Sie eine Schaltung zur Alarmquittierung mit folgendem Verhalten:

Die Störung (Alarm) werde ausgelöst durch den Schalter  $S1$ . Wenn eine Störung auftritt soll die rote Lampe  $P1$  in Dauerlicht leuchten.

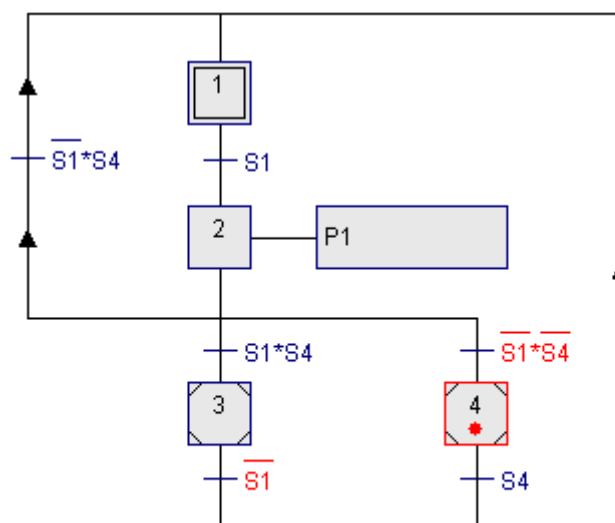
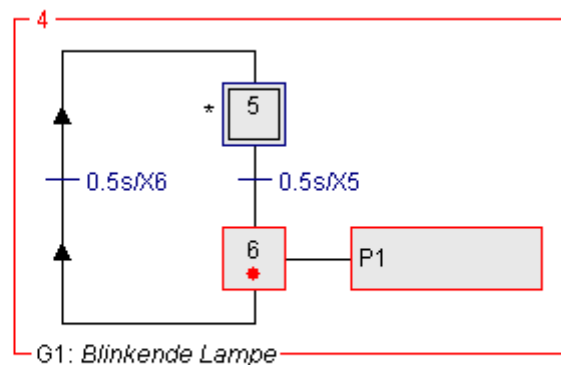
Mit dem Taster  $S4$  wird die Störung quittiert.

Wenn die Störung nicht mehr anliegt ( $S1 = 0$ ) bevor quittiert wurde, fängt  $P1$  an zu blinken.

Wenn die Störung noch anliegt ( $S1 = 1$ ) und es wird quittiert, fängt  $P1$  an zu blinken.

## Lösung

Mit dem unten dargestellten GRAFCET-Plan können Sie z.B. die Aufgabe lösen.





## 4 Speichern und Laden von Lösungen für GRAFCET-Pläne

Über den GRAFCET-Editor können Sie eigene GRAFCET-Pläne speichern und auf gespeicherte GRAFCET-Strukturen zugreifen und diese in Ihre GRAFCET-Seite laden.

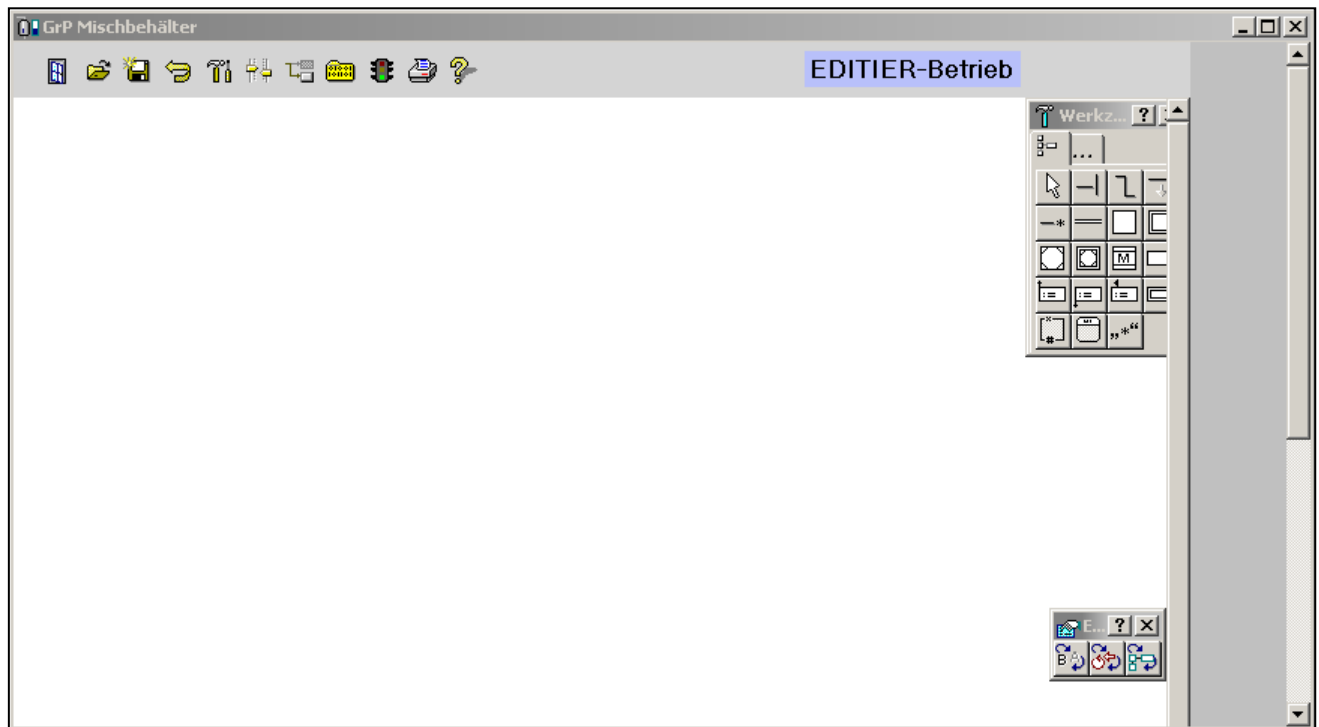


Abb.2 GRAFCET-Plan für den Mischbehälter



Sie können im GRAFCET-Editor selbst erstellte oder veränderte GRAFCET-Strukturen speichern. Hierfür müssen Sie auf den Button *Speichern als ...* drücken und den Ort und einen Namen für die Struktur vorgeben.



Um gespeicherte GRAFCET-Pläne zu laden, drücken Sie im GRAFCET-Editor auf den Button *Öffnen: Fügt eine mit dem Fensterinhalt kompatible Datei ein.*

## 5 Tastaturbelegung für GRAFCET - Terme

Folgende Tasten sind für die GRAFCET-Terme belegt:

- +                      Oder-Verknüpfung
- \*                      Und-Verknüpfung
- !                      Nicht-Operation
- ^                      Steigende Flanke
- \^                      Fallende Flanke
- [a comp b]            Aussage, z.B. [c >= 5]
- 0                      Falsch, False
- 1                      Wahr, True

Aussagen mit analogen Signalen müssen explizit in eckige Klammern gesetzt werden.

Beispiel: [Füllstand > 70] \* !VentilA,

Der Term ist 1 (True), wenn das analoge Signal *Füllstand* einen Wert größer als 70 hat und das binäre Signal *VentilA* den Wert 0 hat

**Für Hinweise auf Fehler, Ungenauigkeiten,  
Erweiterungsmöglichkeiten und ..... wären wir dankbar!**

**Bitte E-Mail an: [info@schoop.de](mailto:info@schoop.de)**

Wünschen Sie Informationen zum  
Prozessleit- und Simulationssystem WinErs  
oder über unsere weitere Lernsoftware  
(Regelungstechnische Praktika, GRAFCET-Praktika, etc.)  
wenden Sie sich bitte an:

Ingenieurbüro Dr.-Ing. Schoop GmbH  
Riechelmannweg 4  
D-21109 Hamburg  
Tel.: 040 / 754 922 30  
[www.schoop.de](http://www.schoop.de)  
Email: [info@schoop.de](mailto:info@schoop.de)